

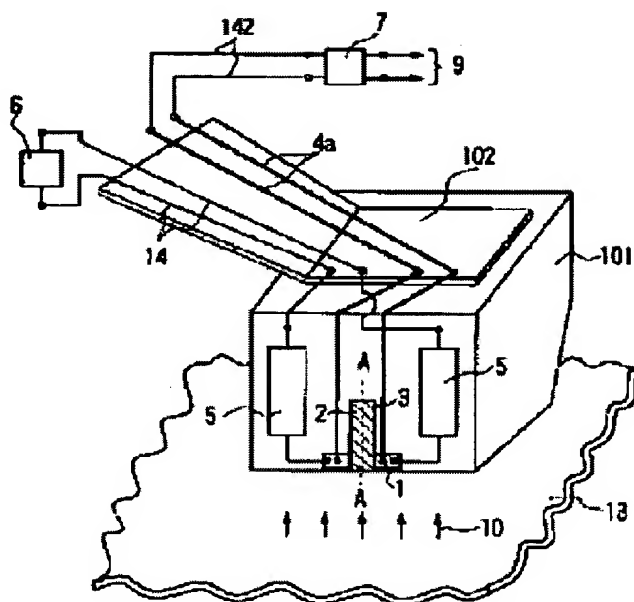
MAGNETIC FIELD SIGNAL DETECTOR

Patent number: JP10011722
Publication date: 1998-01-16
Inventor: SENDA MASAKATSU; TAKEI KOJI; KOSHIMOTO YASUHIRO
Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
Classification:
 - **International:** G11B5/39; G11B5/02
 - **European:**
Application number: JP19960167262 19960627
Priority number(s):

Abstract of JP10011722

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the output, SN ratio, sensitivity, and the detecting accuracy of a signal and to simplify the constitution of components.

SOLUTION: A slider 101 in which a magnetic head element 3 having a magnetic core 2 and detection lead wires 1 is installed, a gimbal 102 supporting the slider 101, a high frequency oscillator 6, transmission lines 14, two impedance elements 5, matching lines 4a, a transmission line 142 and a demodulator 7 are provided. Then, one part of the transmission lines 14 is installed in the gimbal 102, other part of the transmission lines 14 is installed in the slider 101, one part of the matching lines 4a is installed in the gimbal 102, other part of the matching lines 4a is installed in the slider 101, the high frequency oscillator 6 is connected to the transmission lines 14, the transmission lines 14 are connected to the impedance elements 5, the impedance elements 5 are connected to the detection lead wires 1, the detection lead wires 1 are connected to the matching lines 4a and the matching lines 4a are connected to the demodulator 7 via the transmission line 142.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-11722

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	5/39		G 1 1 B	5/39
	5/02	9559-5D		5/02 U

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-167262

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月27日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 千田 正勝

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 武井 弘次

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 越本 泰弘

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

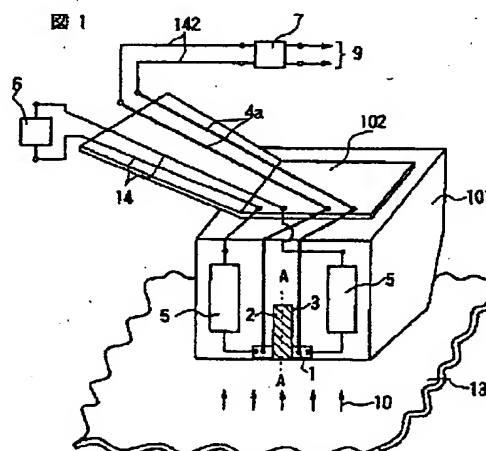
(74) 代理人 弁理士 中村 純之助

(54) 【発明の名称】 磁界信号検出器

(57) 【要約】

【課題】 出力、S/N比、感度、信号検出精度を向上し、部品構成を簡単にする。

【解決手段】 磁性体コア2および検出導線1を有する磁気ヘッド素子3が設置されたスライダ101と、スライダ101を支持するジンバル102と、高周波発振器6と、伝送線路14と、2個のインピーダンス素子5と、整合線路4aと、伝送路142と、復調器7とを設け、伝送線路14の一部をジンバル102に設置し、伝送線路14の他部をスライダ101に設置し、整合線路4aの一部をジンバル102に設置し、整合線路4aの他部をスライダ101に設置し、高周波発振器6を伝送線路14に接続し、伝送線路14をインピーダンス素子5に接続し、インピーダンス素子5を検出導線1に接続し、検出導線1を整合線路4aに接続し、整合線路4aを伝送路142を介して復調器7に接続する。



- 1...検出導線
- 2...磁性体コア
- 3...磁気ヘッド素子
- 4a...第1の整合線路
- 5...インピーダンス素子
- 6...高周波発振器
- 7...復調器
- 14...伝送線路
- 101...スライダ
- 102...ジンバル
- 142...伝送路

(2)

特開平10-11722

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、少なくとも1個のインピーダンス素子と、第1の整合線路と、復調器とを具備し、上記伝送線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記第1の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記インピーダンス素子に接続し、上記インピーダンス素子を上記検出導線に接続し、上記検出導線を上記第1の整合線路に接続し、上記第1の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続したことを特徴とする磁界信号検出器。

【請求項2】 磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、第1の整合線路と、復調器とを具備し、上記伝送線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記第1の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記検出導線に接続し、上記検出導線を上記第1の整合線路に接続し、上記第1の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続したことを特徴とする磁界信号検出器。

【請求項3】 磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、少なくとも1個のインピーダンス素子と、第2の整合線路と、第3の整合線路と、復調器とを具備し、上記第2の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記インピーダンス素子に接続し、上記インピーダンス素子を上記第2の整合線路および上記第3の整合線路に接続し、上記第2の整合線路を上記検出導線に接続し、上記第3の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続したことを特徴とする磁界信号検出器。

【請求項4】 磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、第2の整合線路と、第3の整合線路と、復調器とを具備し、上記第2の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記第2の整合線路および上記第3の整合線路に接続し、上記第2の整合線路を上記検出導線に接続し、上記第3の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続したことを特徴とする磁界信号検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気記録などに用いられる磁界信号検出器に関するものである。

【0002】

2

【従来の技術】 従来、磁気記録などに用いられる磁界信号検出器としては、リング型インダクティブ磁気ヘッド素子を具備する磁界信号検出器、強磁性体の異方性磁気抵抗効果（MR効果）を利用したMRヘッド素子（磁気抵抗効果型磁気ヘッド素子）とMRヘッド素子に一定電流を流す定電流源とを具備する磁界信号検出器が多く使用されてきた。

【0003】 図24は従来のリング型インダクティブ磁気ヘッド素子またはMRヘッド素子を具備する磁界信号検出器の一部を示す図である。図に示すように、スライダ101がジンバル102によって支持され、スライダ101に磁気ヘッド素子103が形成され、スライダ101が磁気媒体13上を浮上することにより、磁気ヘッド素子103を磁気媒体13の表面に近接させて、記録再生を行なう。

【0004】 図25は従来のリング型インダクティブ磁気ヘッド素子の構造を示す正面図、図26は図25のF-F断面図である。図に示すように、磁性体コア31内に非磁性絶縁体32が設けられ、非磁性絶縁体32中に巻線コイル33が設けられ、巻線コイル33の両端部に電極35が設けられている。

【0005】 このリング型インダクティブ磁気ヘッド素子においては、記録過程において、巻線コイル33に電流を流して磁性体コア31を磁化し、ギャップ34からの漏洩磁界によって磁気媒体13を磁化して信号を記録する。一方、再生過程において、磁気媒体13から発生する媒体磁界をギャップ34で拾って磁性体コア31を磁化し、巻線コイル33に誘導される誘導起電力によって信号を再生する。

【0006】 図27は従来のMRヘッド素子を用いた磁界信号検出器を示す図である。図に示すように、磁気抵抗素子41に定電流源42が接続され、磁気抵抗素子41の近傍に設けられた直流バイアス用導体ライン43に直流バイアス用電源44が接続されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、記録密度が上昇すると、1ビットが占有する磁化面積は減少するから、そこから得られる磁界強度が減少する。図25、図26に示した磁気ヘッド素子を有する磁界信号検出器においては、磁界強度の減少に伴い再生出力が急減するので、再生過程における出力、S/N比、感度が低いという欠点がある。

【0008】 また、図27に示した磁界信号検出器においては、磁化方向が電流方向と垂直になった場合の抵抗を R_0 、磁化方向が電流方向と平行になった場合の抵抗と抵抗 R_0 との差を ΔR 、磁化方向と電流方向との間の角度を θ としたとき、MR効果による抵抗 R は次式で表される。

【0009】

【数1】 $R = R_0 + \Delta R \cos^2 \theta$

3

ここで、SN比は $\Delta R/R_0$ (MR比) で表され、また信号出力電圧は定電流源42から流す電流と差 ΔR との積で表される。そして、代表的なMRヘッド素子用材料としてはNiFe、NiCo、NiCu合金などが挙げられるが、これら材料のMR比はいずれも2~3%程度と低く、差 ΔR も小さな値でしかない。したがって、従来のMRヘッド素子では出力、SN比、感度共にさほど大きな値は得られない。また、MR効果では抵抗Rの磁界依存性にヒステリシスおよびバルクハウゼンジャンプが現われ、これが信号検出精度を著しく低下させる原因となる。以上、従来のMRヘッド素子およびこれを用いた磁界信号検出器では、出力、SN比、感度、信号検出精度が低いという問題がある。また、(数1)式から明らかのように、MR効果は磁界反転に対して対称であるため、外部磁界の極性を検出するには、直流バイアス磁界を磁気抵抗素子41に印加し、動作点を移動させ、線形性を持たせる必要がある。この際、たとえば図27に示すように、直流バイアス用導体ライン43を新たに設置し、直流バイアス用導体ライン43に流す直流電流から発生する磁界を直流バイアス磁界として利用するが、この場合には構成部品数が増え、部品設計上、部品作製上、複雑さを伴うという欠点がある。

【0010】本発明は上述の課題を解決するためになされたもので、出力、SN比、感度、信号検出精度を向上し、部品構成が簡単である磁界信号検出器を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明においては、磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、少なくとも1個のインピーダンス素子と、第1の整合線路と、復調器とを設け、上記伝送線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記第1の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記インピーダンス素子に接続し、上記インピーダンス素子を上記検出導線に接続し、上記検出導線を上記第1の整合線路に接続し、上記第1の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続する。

【0012】また、磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、第1の整合線路と、復調器とを設け、上記伝送線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記第1の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記検出導線に接続し、上記検出導線を上記第1の整合線路に接続し、上記第1の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続する。

(3)

特開平10-11722

4

【0013】また、磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、少なくとも1個のインピーダンス素子と、第2の整合線路と、第3の整合線路と、復調器とを設け、上記第2の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記インピーダンス素子に接続し、上記インピーダンス素子を上記第2の整合線路および上記第3の整合線路に接続し、上記第2の整合線路を上記検出導線に接続し、上記第3の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続する。

【0014】また、磁性体コアおよび検出導線を有する磁気ヘッド素子が設置されたスライダと、上記スライダを支持するジンバルと、高周波発振器と、伝送線路と、第2の整合線路と、第3の整合線路と、復調器とを設け、上記第2の整合線路の一部を上記ジンバルに設置し、上記高周波発振器を上記伝送線路に接続し、上記伝送線路を上記第2の整合線路および上記第3の整合線路に接続し、上記第2の整合線路を上記検出導線に接続し、上記第3の整合線路を直接あるいは伝送路を介して上記復調器に接続する。

【0015】

【発明の実施の形態】

【全体構成】図1は本発明に係る磁界信号検出器を示す図である。図に示すように、磁性体コア2および検出導線1を有する磁気ヘッド素子3が設置されたスライダ101と、スライダ101を支持するジンバル102と、高周波発振器6と、伝送線路14と、2個のインピーダンス素子5と、第1の整合線路4aと、伝送路142と、復調器7とが設けられ、伝送線路14の一部がジンバル102に設置され、伝送線路14の他部がスライダ101に設置されており、第1の整合線路4aの一部がジンバル102に設置され、第1の整合線路4aの他部がスライダ101に設置されており、高周波発振器6が伝送線路14に接続され、伝送線路14はインピーダンス素子5に接続され、インピーダンス素子5は検出導線1に接続され、検出導線1は第1の整合線路4aに接続され、第1の整合線路4aは伝送路142を介して復調器7に接続されている。また、9は信号出力電圧、10は外部磁界(媒体磁界)である。なお、白丸は別の部品間の電気的接続点を表わし、一方黒丸は同一部品内での電気的接続点を表わす。

【0016】図2は本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。図に示すように、磁性体コア2および検出導線1を有する磁気ヘッド素子3が設置されたスライダ101と、スライダ101を支持するジンバル102と、高周波発振器6と、伝送線路14と、第1の整合線路4aと、伝送路142と、復調器7とが設けられ、伝送線路14の一部がジンバル102に設置され、伝送線

5

路14の他部がスライダ101に設置されており、第1の整合線路4aの一部がジンバル102に設置され、第1の整合線路4aの他部がスライダ101に設置されており、高周波発振器6が伝送線路14に接続され、伝送線路14が検出導線1に接続され、検出導線1が第1の整合線路4aに接続され、第1の整合線路4aが伝送路142を介して復調器7に接続されている。

【0017】図3は本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。図に示すように、磁性体コア2および検出導線1を有する磁気ヘッド素子3が設置されたスライダ101と、スライダ101を支持するジンバル102と、高周波発振器6と、伝送線路14と、2個のインピーダンス素子5と、第2の整合線路4bと、第3の整合線路4cと、伝送路142と、復調器7とが設けられ、第2の整合線路4bの一部がジンバル102に設置され、第2の整合線路4bの他部がスライダ101に設置されており、高周波発振器6が伝送線路14に接続され、伝送線路14がインピーダンス素子5に接続され、インピーダンス素子5が第2の整合線路4bおよび第3の整合線路4cに接続され、第2の整合線路4bが検出導線1に接続され、第3の整合線路4cが伝送路142を介して復調器7に接続されている。

【0018】図4は本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。図に示すように、磁性体コア2および検出導線1を有する磁気ヘッド素子3が設置されたスライダ101と、スライダ101を支持するジンバル102と、高周波発振器6と、伝送線路14と、第2の整合線路4bと、第3の整合線路4cと、伝送路142と、復調器7とが設けられ、第2の整合線路4bの一部がジンバル102に設置され、第2の整合線路4bの他部がスライダ101に設置されており、高周波発振器6が伝送線路14に接続され、伝送線路14が第2の整合線路4bおよび第3の整合線路4cに接続され、第2の整合線路4bが検出導線1に接続され、第3の整合線路4cが伝送路142を介して復調器7に接続されている。

【0019】なお、インピーダンス素子5は図5に示すように1個あるいは図6に示すように3個以上であっても同様の効果を示す。図5、図6では図1に示した実施の形態に対応する図のみ示したが、図3に示した実施の形態に関しても同様にインピーダンス素子は1個あるいは3個以上であっても同様の効果を示す。

【0020】また、第1の整合線路4a、第3の整合線路4cを伝送路142を介さず、直接復調器7に接続しても同様の効果を示す。

【0021】また、上述実施の形態においては、ジンバル102に設置された伝送線路14、第1の整合線路4aの一部とスライダ101に設置された伝送線路14、第1の整合線路4aの他部とを電氣的に接続しているが、図7に示すように、伝送線路14、第1の整合線路4aをおのおの一体とし、伝送線路14、第1の整合線

(4)

特開平10-11722

6

路4aの一部をジンバル102に設置し、伝送線路14、第1の整合線路4aの他部をスライダ101に接着するか、あるいは空中に浮かしても同様の効果を得ることができる。なお、図7では図1に示した実施の形態に対応する図のみ示したが、図2に示した実施の形態に関しても同様である。また、第2の整合線路4bを一体とし、第2の整合線路4bの一部をジンバル102に設置し、第2の整合線路4bの他部をスライダ101に接着するか、あるいは空中に浮かしても同様の効果を得ることができる。ただし、これらの際には検出導線1の周辺はスペースにゆとりがないから、検出導線1と伝送線路14、第1の整合線路4a、第2の整合線路4bなどとのボンディングは実装上困難を伴う。これに対して、図1～図4に示した実施の形態では、伝送線路14、第1の整合線路4a、第2の整合線路4bの一部をあらかじめスライダ101に設置し、ジンバル102上に設置された他部と、検出導線1から距離的に離れた場所(図1～図4図中、黒丸部)でボンディングすることが可能であるから、図7に示した実施の形態に比較して実装上優れている。

【0022】また、高周波発振器6、インピーダンス素子5、復調器7、伝送路142、後述する種々の回路(増幅回路、微分回路、積分回路など)が小型軽量である場合には、これら各々の一部あるいは全部をスライダ101あるいはジンバル102に設置することができる。こうした場合上記と同様の効果を得ることができる。

【0023】また、磁気ヘッド素子3、伝送線路14、整合線路4a、4b、4c、高周波発振器6、インピーダンス素子5、復調器7、伝送路142、後述する種々の回路(増幅回路、微分回路、積分回路など)などの部品のスライダ101、ジンバル102上への設置は、スライダ101、ジンバル102上あるいは中に例えば薄膜作製技術を用いて直接設置するか、あるいはあらかじめ上記の部品を作製しこれをスライダ101、ジンバル102上にはりつけて設置することができ、いずれも同様の効果を得ることができる。

【0024】また、伝送線路14、伝送路142としては、同軸線路、マイクロストリップ線路、トリプレート線路、平行線路、導波管などが挙げられる。伝送線路14、伝送路142の例としては、円形同軸線路(図8(a))、方形同軸線路(図8(b))、マイクロストリップ線路(図8(c))、トリプレート線路(図8(d)、(e))、平行線路(図8(f)、(g))、円形導波管(図8(h))、方形導波管(図8(i))がある。図8において、16は導体、17は誘電体である。これら伝送線路14、伝送路142は周辺が誘電体で覆われていても同様の効果を示す。なお、通常は伝送線路14の特性インピーダンスは高周波発振器6の出力インピーダンスと一致させて使用し、また伝送路142の特性インピーダンスは復調器7の入力インピーダンスと一致させて使用す

7

る。

【0025】また、整合線路4a、4b、4cとしては、例えば1段4分の1波長型整合線路、多段（2段以上）4分の1波長型整合線路、テーパ線路型整合線路が挙げられ、いずれも同様の効果を得ることができる。1段および多段4分の1波長型整合線路は例えば図8に示した同軸線路、マイクロストリップ線路、トリプレート線路、平行線路、導波管などで構成される。これらの整合線路では特性インピーダンスと長さを制御することにより、これら整合線路の両端に接続された素子のインピーダンスを整合させることができる。

【0026】〔磁気ヘッド素子構成〕図9は図1～図4に示した磁気ヘッド素子3の具体例を示す図で、図1のA-A断面部、図2のB-B断面部、図3のC-C断面部、図4のD-D断面部の構造を示す図である。図に示すように、磁気ヘッド素子3は検出導線1と、検出導線1のいずれかの面に直接あるいは非磁性絶縁体8を介して設けられた1個の磁性体コア2とから構成される。すなわち、図9(a)は検出導線1の一面に磁性体コア2が直接設けられた例であり、図9(b)は検出導線1の一面に磁性体コア2が非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図9(c)は検出導線1の二面に検出導線1を挟むように磁性体コア2が直接設けられた例であり、図9(d)は検出導線1の二面に検出導線1を挟むように磁性体コア2が非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図9(e)は検出導線1の四面に検出導線1の周りを一周するように磁性体コア2が直接設けられた例であり、図9(f)は検出導線1の四面に上記検出導線1の周りを一周するように磁性体コア2が非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、いずれも同様の効果を示す。これらの磁気ヘッド素子3では外部磁界10により全磁性体コア2が同方向に磁化される単磁極動作となる。

【0027】図10は図1～図4に示した磁気ヘッド素子3の別の具体例を示す図で、図1のA-A断面部、図2のB-B断面部、図3のC-C断面部、図4のD-D断面部の構造を示す図である。図に示すように、磁気ヘッド素子3は検出導線1と、検出導線1の周りを直接あるいは非磁性絶縁体8を介して一周するように設けられているとともに、自身が形成する磁気回路の検出すべき外部磁界10に面した一部にはギャップ11が設けられた1個の磁性体コア2とから構成される。すなわち、図10(a)は磁性体コア2が検出導線1に直接設けられており、検出導線1はギャップ11部分で厚さが薄くなっている例であり、図10(b)は磁性体コア2が検出導線1に直接設けられており、検出導線1は厚さが一定である例であり、図10(c)は磁性体コア2が検出導線1に非磁性絶縁体8を介して設けられており、検出導線1はギャップ11部分で厚さが薄くなっている例であり、図10(d)は磁性体コア2が検出導線1に非磁性絶縁体8を介して設けられており、検出導線1は厚さが一定であ

(5)

特開平10-11722

8

る例であり、図10(e)は磁性体コア2が検出導線1に非磁性絶縁体8を介して設けられており、ギャップ11が非磁性絶縁体8により構成されている例であり、図10(f)は磁性体コア2が検出導線1に直接設けられており、ギャップ11が非磁性絶縁体8により構成されている例であり、いずれも同様の効果を示す。これらの磁気ヘッド素子3では外部磁界10が磁性体コア2を一周するように磁化するリング動作となる。

【0028】図11～図13は図1～図4に示した磁気ヘッド素子3の別の具体例を示す図で、図1のA-A断面部、図2のB-B断面部、図3のC-C断面部、図4のD-D断面部の構造を示す図である。図に示すように、左右2枚のコア体で構成され、自身が形成する磁気回路の検出すべき外部磁界10に面した一部にギャップ11が設けられた1個のリング状の磁性体コア2と、磁性体コア2に直接あるいは非磁性絶縁体8を介して設けられた1個の検出導線1とから構成される。すなわち、図11(a)は検出導線1が磁性体コア2の左部コア体下方外部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図11(b)は検出導線1が磁性体コア2の左部コア体下方内部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図11(c)は検出導線1が左右磁性体コア2の左右コア体下方中間部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図11(d)は検出導線1が磁性体コア2の右部コア体下方内部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図11(e)は検出導線1が磁性体コア2の右部コア体下方外部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図11(f)は検出導線1が磁性体コア2の左部コア体中央外部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図12(a)は検出導線1が磁性体コア2の左部コア体中央内部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図12(b)は検出導線1が左右磁性体コア2の左右コア体中央中間部左寄りに非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図12(c)は検出導線1が左右磁性体コア2の左右コア体中央中間部中央に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図12(d)は検出導線1が磁性体コア2の左右コア体中央中間部右寄りに非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図12(e)は検出導線1が磁性体コア2の右部コア体中央内部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図12(f)は検出導線1が磁性体コア2の右部コア体中央外部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図13(a)は検出導線1が左部磁性体コア2の左部コア体上方外部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図13(b)は検出導線1が磁性体コア2の左右コア体上方結合部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、図13(c)は検出導線1が磁性体コア2の右部コア体上方外部に非磁性絶縁体8を介して設けられた例であり、いずれも同様の効果を示す。なお、図11～図13に示した磁気ヘッド素子では磁性体コア2に検出導線1を非磁性絶

9

緑体8を介して設けたが、非磁性絶縁体8を介さず直接設けても同様の効果を示す。これらの磁気ヘッド素子では外部磁界10が磁性体コア2を一周するように磁化するリング動作となる。

【0029】また、図14、図15は図1～図4に示した磁気ヘッド素子3の別の具体例を示す図で、図1のA-A断面図、図2のB-B断面図、図3のC-C断面図、図4のD-D断面図の構造を示す図である。図に示すように、磁性体コア2に検出導線1が2個以上設けられている。これらの場合、同相ノイズがキャンセルされるから、高SN比となる。

【0030】また、図16は図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す図、図17は図16のE-E断面図である。図に示すように、巻線コイル12、電極15を有するリング型インダクティブ磁気ヘッド素子の磁性体コア2に直接に1個の検出導線1が設けられて構成されている。なお、磁性体コア2に非磁性絶縁体8を介して1個の検出導線1を設けてもよい。

【0031】図16、図17に示した磁気ヘッド素子3においては、外部磁界10が磁性体コア2を一周するように磁化するリング動作となる。

【0032】なお、図16、図17に示した磁気ヘッド素子において、検出導線1の取付位置を図11～図13に示した磁気ヘッド素子と同様にしても、いずれも同様の効果を示す。この場合、図11～図13に示した磁気ヘッド素子では、磁性体コア2に検出導線1を非磁性絶縁体8を介して設けたが、非磁性絶縁体8を介さず直接設けても同様の効果を示す。

【0033】また、図18、図19は図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す図で、図1のA-A切断部、図2のB-B切断部、図3のC-C切断部、図4のD-D切断部の構造を示す図である。図に示すように、リング型インダクティブ磁気ヘッド素子の磁性体コア2に直接に複数個の検出導線1が設けられて構成されている。これらの場合、同相ノイズがキャンセルされるから、高SN比となる。なお、磁性体コア2に非磁性絶縁体8を介して検出導線1を設けても同様の効果を示す。

【0034】図20はこの発明に係る他の磁界信号検出器の磁気ヘッド素子を示す概略図である。図に示すように、2個以上の磁性体コア2が設けられ、磁性体コア2の具体的形状、検出導線1の具体的位置等は図9～図19に示した磁気ヘッド素子と同様であり、同様の効果を示す。

【0035】さらに、信号出力電圧、SN比、感度、信号検出精度を向上させるため、以下のような構造上の工夫を施すことが効果的である。

【0036】磁気ヘッド素子3の動作周波数は数百MHzの高周波となる。高周波では、表皮効果により磁性体の有効体積が減少し、出力、SN比、感度が低下する。

(6)

特開平10-11722

10

この表皮効果を回避する方法として、磁性体コア2の断面構造を、図21に示すように磁性層21と非磁性絶縁層22とを交互に積層した多層構造とすることが効果的である。この際、磁性層21の層厚を表皮深さより薄くし、また非磁性絶縁層22の層厚を磁性層21間の電気的絶縁を保ち得る厚さ以上に設定することが効果的である。なお、このような多層構造は後述するように磁性体コア2の磁化過程におけるヒステリシス、バルクハウゼンジャンプを取り除いて信号検出精度を向上させる上でも有用である。

【0037】また、数百MHzの高周波磁界には一軸磁気異方性の困難軸方向の磁化過程のみが応答する。高周波磁界の方向は、高周波電流通電方向の円周方向となる。したがって、容易軸方向が検出導線1における高周波電流通電方向と一致する一軸磁気異方性を磁性体コア2に付与させることが有利である。

【0038】また、インピーダンスは高周波電流の周波数が磁性体コア2の磁気共鳴周波数近傍となった場合に最大となるから、高周波発振器6から供給する高周波電流の周波数を磁性体コア2の磁気共鳴周波数近傍に設定することがインピーダンス変化比、電圧振幅変化比および出力を大きくする上で効果的である。

【0039】また、極性検出機能を持たすには、検出導線1あるいは巻線コイル12に流す直流バイアス電流から生ずる直流バイアス磁界を利用できる。この場合、検出導線1あるいは巻線コイル12が直流バイス用導体ラインを兼ねるため、部品構成が単純となり、構成部品点数の削減、構成の簡易化による製造コストの低減、製作工程の削減を図ることができ、量産性および経済性に優れるなど数々の優れた効果を奏する。巻線コイル12はターン数がハーフターン以上であればこの機能を持つ。また、高周波発振器6には直流バイアス電流を印加する機能が必要であり、復調器7には直流をカットする機能が必要である。高周波発振器6、復調器7はこれらの機能を有している。なお、図9(c)～(f)に示すように、磁性体コア2が検出導線1の両側に設けられた場合には、検出導線1からの直流バイアス磁界は磁性体コア2の左右コア体で逆方向となるため、これが有効となるには左右コア体の磁化過程に非対称性が必要となる。たとえば、図9(e)、(f)に示した磁気ヘッド素子においては、磁性体コア12の左部コア体を検出導線1の段差上に形成し、反磁界により左部コア体の磁化過程を変化させ、これにより左右コア体の磁化過程に非対称性を付与できる。

【0040】[動作原理] 以下に、本発明による磁界信号検出器の検出原理を説明する。検出導線1の両端に高周波発振器6から周波数 f_{car} の高周波電流を供給する時、検出導線1のみのインピーダンスを Z_{lead} 、磁性体コア2に由来するインピーダンスを Z_{mag} とすると、検出導線1の両端間のインピーダンス Z_{total} は次式で表

11

される。

【0041】

【数2】 $Z_{total} = Z_{lead} + Z_{mag}$

また、磁性体コア2の比透磁率を μ_r とすると、インピーダンス Z_{mag} は次式で表される。

【0042】

【数3】 $Z_{mag} \propto \mu_r \times f_{car}$

ここで、比透磁率 μ_r は外部磁界10の強度に応じて数十〜数千の値から1まで大きく変化するため、インピーダンス Z_{mag} が大きく変化するため、インピーダンス Z_{total} も大きく変化する。そして、インピーダンス変化比は Z_{mag}/Z_{total} で表され、従来のMR比に対応する。

【0043】この磁界信号検出器では、基本的にはこのインピーダンス Z_{total} の変化に基づく電圧振幅変化を復調器7で復調し、信号を出力する。すなわち、外部磁界10の変化は周波数 f_{car} の高周波をキャリアとする振幅変調として検出される。

【0044】そして、磁気媒体13上の微小ビットの磁界を検出するには、磁気ヘッド素子3自体もマイクロ化する必要がある、このためインピーダンス Z_{total} 、 Z_{mag} はさほど大きな値とはならない。すなわち、復調器7の入力インピーダンスを Z_{in} とすると、一般に Z_{total} 、 $Z_{mag} \ll Z_{in}$ の関係になる。この場合、反射損が大きくなり、磁気ヘッド素子3からの出力は効率良く復調器7に伝送されない。

【0045】図1、図2に示す実施の形態では、第1の整合線路4aはインピーダンス Z_{total} をインピーダンス Z_{in} に整合させる機能を持つ。インピーダンス Z_{total} がインピーダンス Z_{in} に整合されると、復調器7から見た磁気ヘッド素子3のインピーダンス値は $\text{Real}[Z_{in}] / \text{Real}[Z_{total}]$ 倍され、またこの時のインピーダンス変化比は Z_{mag}/Z_{total} に維持される($\text{Real}[Z]$ はZの実部)。このことはSN比を維持したまま信号出力電圧9が $(\text{Real}[Z_{in}] / \text{Real}[Z_{total}])^{1/2}$ 倍となって検出されることを意味する。

【0046】一方、図3、図4に示す実施の形態では以下ようになる。インピーダンス素子5、第2の整合線路4b、第3の整合線路4cの結合点、あるいは伝送線路14、第2の整合線路4b、第3の整合線路4cの結合点を J_a 、 J_b とする。第2の整合線路4bは結合点を J_a 、 J_b から見た磁気ヘッド素子3のインピーダンス値(Z_j)をインピーダンス Z_{total} に一致させる機能を持つ。第3の整合線路4cはインピーダンス Z_j をインピーダンス Z_{in} に整合させる機能を持つ。インピーダンス Z_j がインピーダンス Z_{in} に、従ってインピーダンス Z_{total} がインピーダンス Z_{in} に整合されると、復調器7から見た磁気ヘッド素子3のインピーダンス値は $\text{Real}[Z_{in}] / \text{Real}[Z_{total}]$ 倍され、またこの時インピーダンス変化比は Z_{mag}/Z_{total} に維持される。このこ

(7)

特開平10-11722

12

とはSN比を維持したまま信号出力電圧9が $(\text{Real}[Z_{in}] / \text{Real}[Z_{total}])^{1/2}$ 倍となって検出されることを意味する。

【0047】このように本発明の磁界信号検出器では、磁気ヘッド素子3における大きなインピーダンス変化比、SN比をそのまま維持しつつ、インピーダンス値、信号出力電圧を大きくすることができる。

【0048】なお、インピーダンス素子5のインピーダンス値は磁気ヘッド素子3のインピーダンス値に比較し十分大きく設定され、インピーダンス素子5により高周波発振器6を定電流源化することができる効果がある。また、インピーダンス素子5がない場合には、高周波発振器6は定電流源化されないだけで上記と同様の動作が実現するため、図2、図4に示したようにインピーダンス素子5は必ずしも必要ではなく、この場合にはジンバル102、スライダ101上で配線が2本となるから、実装上簡易となる効果がある。

【0049】また、復調器7と第1の整合線路4aとの間、復調器7と第3の整合線路4cとの間、および復調器7の後段に信号処理のための種々の回路(増幅回路、微分回路、積分回路等)を必要に応じていれても、上記と特に原理上変わることはない。復調器7と第1の整合線路4aとの間、および復調器7と第3の整合線路4cとの間にこれらの回路をいれた場合、インピーダンス Z_{in} はこれら回路の入力インピーダンス値となる。

【0050】

【実施例】図1に示した実施の形態の実施例について説明する。磁気ヘッド素子3として図10(a)に示したものを使用し、磁性体コア2には図21に示した多層構造を採用した。磁性層21にはNiFeを使用し、層厚は表皮深さより十分薄い50nmとした。非磁性絶縁層22にはSiO₂を使用し、層厚は磁性層21間の電気的絶縁を保ち得る厚さである50nmとした。磁性体コア2の各コア体は膜厚1.5 μ mとし、2枚のコア体で検出導線1をサンドイッチし、閉磁路構造とした。磁性体コア2の幅は5 μ m、長さは200 μ mとした。磁性体コア2には容易軸方向が高周波電流通電方向と一致する一軸異方性磁界3~50eを付与した。検出導線1にはCuを使用し、検出導線1の幅は5 μ m、厚さは1 μ m、長さは10 μ mとした。成膜はイオンビームスパッタ法により行ない、加工はフォトリソグラフ法により行なった。成膜条件は、動作真空度 $Ar 1 \times 10^{-4}$ Torr、加速電圧1kV、基板温度室温~160℃とし、基板にはAlTiCを使用した。一軸異方性磁界は成膜中、基板表面に平行に数百Oeの静磁界を印加することにより付与した。

【0051】また、第1の整合線路4aにはマイクロストリップ線路で構成した1段4分の1波長型整合線路を用い、特性インピーダンスを $(\text{Real}[Z_{total}] \times \text{Real}[Z_{in}])^{1/2}$ 前後の値で、長さをキャリア周波数に対

13

し4分の1波長となる長さ前後の値で各々微調整し整合状態が最良となるよう制御し、インピーダンス Z_{total} とインピーダンス Z_{in} との整合をとった。このように特性インピーダンス値と長さを制御することにより、純抵抗-純抵抗間、純抵抗-複素インピーダンス間、および複素インピーダンス-複素インピーダンス間のインピーダンスを任意に整合させることができる。

【0052】また、伝送線路14にはマイクロストリップ線路を、伝送路142には円形同軸線路を、インピーダンス素子5には薄膜抵抗体を、スライダ101にはA1TiC基板を、ジンバル102にはステンレスばね板を使用した。

【0053】図22は図1に示した実施の形態の実施例におけるインピーダンス $|Z_{total}|$ (Ω) のキャリア周波数 f_{car} (MHz) に対する依存性を示すグラフである。図22において、実線は零磁界状態の場合を示し、破線は十分大きな外部磁界を印加した状態の場合を示す。キャリア周波数 f_{car} が750MHzにおいて、零磁界状態でのインピーダンス Z_{total} は $1.0 + j1.0\Omega$ 、十分大きな外部磁界を印加した状態でのインピーダンス Z_{total} は $0.4 + j0.4\Omega$ であり、両者の差は最大値となる。この時、インピーダンス変化比 $|Z_{mag}|/|Z_{total}|$ は60%であり、従来のMR比に比較して10倍以上の大きさになる。キャリア周波数 f_{car} が750MHz付近においてインピーダンス Z_{total} 、 Z_{mag} が最大となるのは、この周波数帯域が磁性体コア2に用いたNiFeの磁気共鳴周波数700~800MHzに一致し、このとき $\mu_r \times f_{car}$ が最大になるためである。

【0054】図23は図1に示した実施の形態の実施例における750MHzでの復調器7の入力インピーダンス Z_{in} 両端での電圧振幅変化比 $\Delta V_{pp}/V_{pp}$ の外部磁界(Oe)に対する依存性を示すグラフである。 $Z_{total} = 1.0 + j1.0\Omega$ 、 $Z_{in} = 50\Omega$ であり、上述のように整合線路4aにより両者間の整合がとられている。電圧振幅変化比 $\Delta V_{pp}/V_{pp}$ は磁性体コア2に用いたNiFeの一軸異方性磁界である3~5Oe前後で大きく増加し、数Oeでほぼ一定値60%となる。これは図22の結果と一致し、磁気ヘッド素子3部におけるインピーダンス変化比が電圧振幅変化比にも維持されていることが確認できる。また、インピーダンス Z_{in} 両端でのインピーダンスは磁気ヘッド素子3部におけるインピーダンス値の50倍 ($\text{Real}[Z_{in}]/\text{Real}[Z_{total}] = 50/1$ 倍) になっていること、および信号出力電圧も50^{1/2}倍になっていることが確認された。

【0055】なお、上記ではインピーダンス Z_{in} を50 Ω としたが、インピーダンス Z_{in} を50 Ω 以上とすれば、インピーダンス増加の倍率および信号出力電圧増加の倍率はさらに大きくなることは上記より明らかである。インピーダンス Z_{in} を大きくするのには、たとえば

(8)

特開平10-11722

14

整合線路4aの後段に配される復調器、増幅回路、微分回路、積分回路などの回路中の半導体素子の入力インピーダンスを直接用いる方法が挙げられる。

【0056】また、図23に示した特性にはヒステリシスおよびバルクハウゼンジャンプは現われず、検出精度も高いことが確認できる。ヒステリシスおよびバルクハウゼンジャンプは磁性体コア2における不連続磁壁移動が原因で生ずる。磁性体コア2として図21に示した多層構造をとった場合、磁性層21間の静磁結合により還流磁区構造が消失し、磁壁数は激減する。また、磁性体コア2は数百MHzの高周波キャリアによりシェイキングされながら磁化するため、不連続磁壁移動の原因となる磁壁ピン留め現象が回避される。上述実施例では、これら多層構造と高周波キャリアの採用により磁性体コア2における不連続磁壁移動が取り除かれ、ヒステリシスおよびバルクハウゼンジャンプの発生が抑制される。

【0057】なお、図3に示した実施の形態において、磁気ヘッド素子3として図10(a)に示したものを使用し、磁性体コア2を1個とし、図21の多層構造を採用した場合にも、上記と同様の結果が得られた。

【0058】また、成膜法としては、イオンビームスパッタ法以外に、RFスパッタ法、マグネトロンスパッタ法、蒸着法、メッキ法などの方法が挙げられ、いずれも同様の効果を得ることができる。

【0059】磁性体コア2、磁性層21としては、Fe、Co、Niをベースとした磁性材料、たとえばNiFeMo、NiFeCu、NiFeCr、NiFeNb、NiFeTi、NiFeSi、FeSi、FeC、FeN、CoFe、FeSiAl、FeB、FeBSi、CoBSi、FeCoBSi、FeCoNiBSi、CoXa (Xa: Y, Zr, Hf, Ti, Nb, Mo, W, Re, Ni, Fe, Mn)、CoXbXc (Xb: Y, Zr, Hf, Ti, Nb, Mo, W, Re, Ni, Fe, Mn, Xc: Y, Zr, Hf, Ti, Nb, Mo, W, Re, Ni, Fe, Mn) を使用でき、また非磁性絶縁体8および非磁性絶縁層22としては、SiO₂、AlN、Al₂O₃、BN、TiN、SiC、ポリエチレンナフタレート (PEN)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、ポリイミド、カプトン、フトレジストを使用でき、検出導線1としては、Cu、Al、Ag、Au、Pt、Sn、Cr、Zn、Inを使用でき、いずれも同様の効果を得ることができる。

【0060】以上の結果から明らかなように、本実施例の磁界信号検出器では、従来の磁界信号検出器に比べ、出力、SN比、感度、信号検出精度が高く、また部品構成が単純化するという改善があった。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁界信号検出器によれば、検出原理として透磁率変化に基づくインピーダンスの外部磁界依存性を利用すること、および

15

磁気ヘッド素子と回路系とのインピーダンスを整合させることにより、外部磁界を大きな電圧変化として取り出すことができ、そのため高出力、高S/N比、高感度となる。

【0062】また、キャリア周波数として数百MHzの高周波を使用すること、および磁性体コアを多層構造とすることにより、磁性体コアの磁化過程からヒステリシス、バルクハウゼンジャンプを取り除くことができ、そのため信号検出精度が高くなる。

【0063】さらに、検出導線あるいは巻線コイルが直流バイアス用導体ラインを兼ねることにより、部品点数を減らすことができ、そのため部品構成が単純となり、構成部品点数の削減、構成の簡易化による製造コストの低減、製作工程の削減を図ることができ、量産性および経済性に優れるなど数々の優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る磁界信号検出器を示す図である。

【図2】本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。

【図3】本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。

【図4】本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。

【図5】本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。

【図6】本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。

【図7】本発明に係る他の磁界信号検出器を示す図である。

【図8】図1～図4に示した伝送線路、伝送路の具体例を示す図である。

【図9】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の具体例を示す断面図である。

【図10】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

【図11】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

【図12】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

【図13】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

(9)

特開平10-11722

16

【図14】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

【図15】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

【図16】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す図である。

【図17】図16のE-E断面図である。

【図18】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

10 【図19】図1～図4に示した磁気ヘッド素子の他の具体例を示す断面図である。

【図20】この発明に係る他の磁界信号検出器の磁気ヘッド素子を示す概略図である。

【図21】磁性体コアの断面構造を示す図である。

【図22】インピーダンス $|Z_{total}|$ のキャリア周波数に対する依存性を示すグラフである。

【図23】インピーダンス Z_{in} 両端での電圧振幅変化比の外部磁界に対する依存性を示すグラフである。

20 【図24】従来のリング型インダクティブ磁気ヘッド素子またはMRヘッド素子を具備する磁界信号検出器の一部を示す図である。

【図25】従来のリング型インダクティブ磁気ヘッド素子の構造を示す正面図である。

【図26】図25のF-F断面図である。

【図27】従来のMRヘッド素子を用いた磁界信号検出器を示す図である。

【符号の説明】

1…検出導線

2…磁性体コア

30 3…磁気ヘッド素子

4 a…第1の整合線路

4 b…第2の整合線路

4 c…第3の整合線路

5…インピーダンス素子

6…高周波発振器

7…復調器

14…伝送線路

101…スライダ

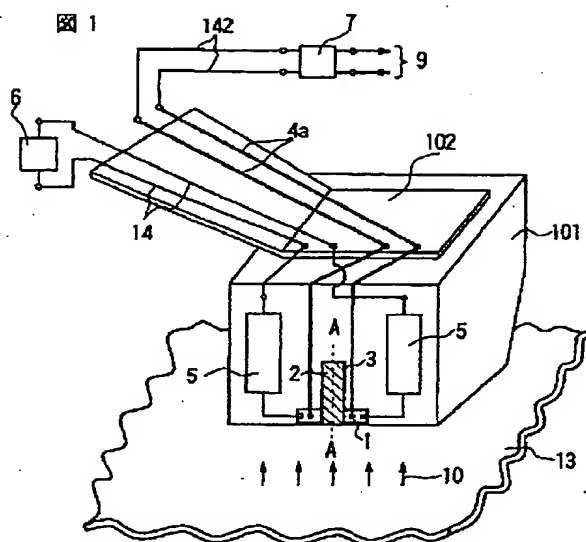
102…ジンバル

40 142…伝送路

(10)

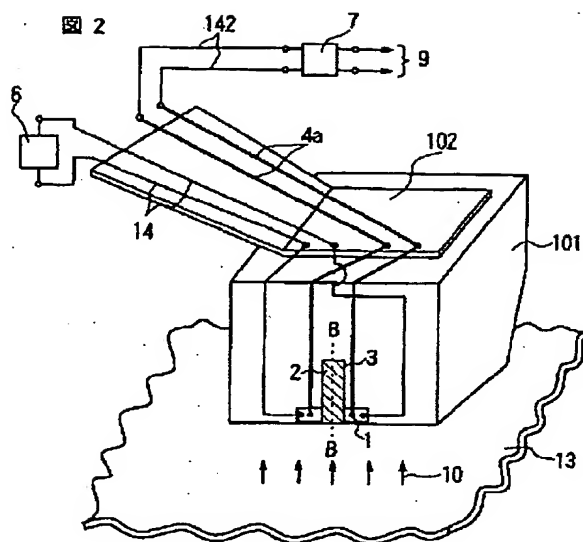
特開平10-11722

【図1】



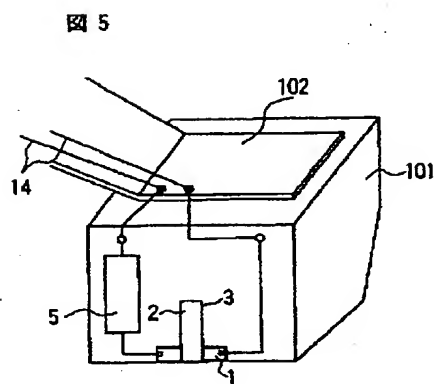
- 1...検出導線
2...磁性体コア
3...磁気ヘッド素子
4a...第1の整合回路
5...インピーダンス素子
6...高周波発信器
7...復調器
14...伝送線路
101...スライダ
102...ジンバル
142...伝送路

【図2】



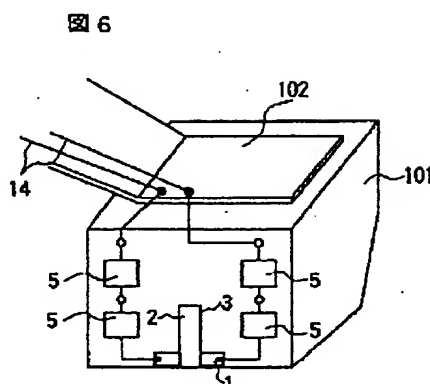
- 1...検出導線
2...磁性体コア
3...磁気ヘッド素子
4a...第1の整合回路
5...インピーダンス素子
6...高周波発信器
7...復調器
14...伝送線路
101...スライダ
102...ジンバル
142...伝送路

【図5】



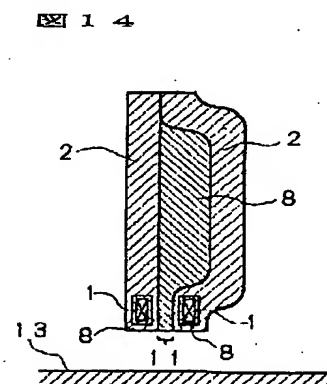
- 1...検出導線
2...磁性体コア
3...磁気ヘッド素子
5...インピーダンス素子
14...伝送線路
101...スライダ
102...ジンバル

【図6】



- 1...検出導線
2...磁性体コア
3...磁気ヘッド素子
5...インピーダンス素子
14...伝送線路
101...スライダ
102...ジンバル

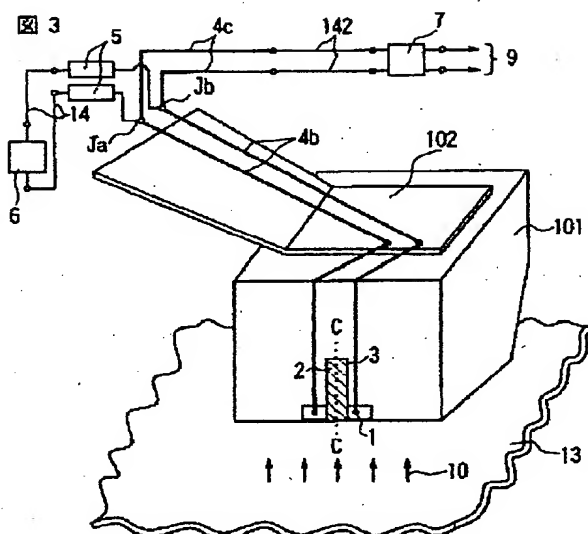
【図14】



(11)

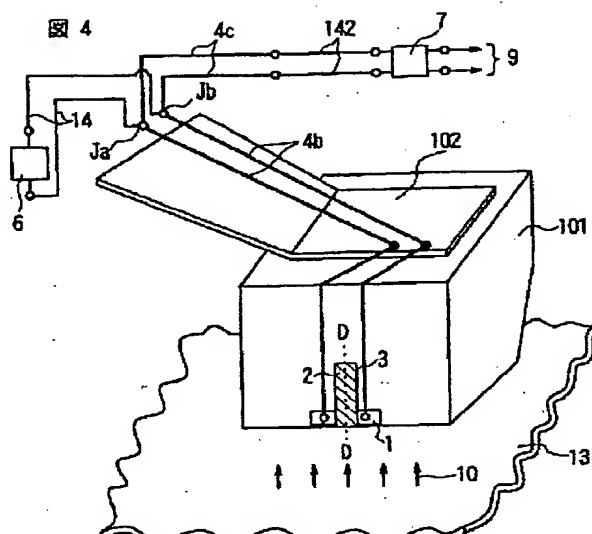
特開平10-11722

【図3】



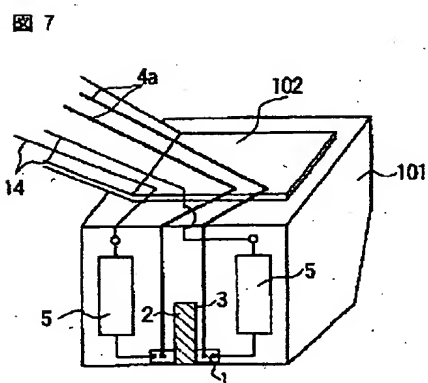
- 1...検出導線
- 2...磁性体コア
- 3...磁気ヘッド素子
- 4b...第2の整合線路
- 4c...第3の整合線路
- 5...インピーダンス素子
- 6...高周波発信器
- 7...復調器
- 14...伝送線路
- 101...スライダ
- 102...ジンバル
- 142...伝送路

【図4】



- 1...検出導線
- 2...磁性体コア
- 3...磁気ヘッド素子
- 4b...第2の整合線路
- 4c...第3の整合線路
- 6...高周波発信器
- 7...復調器
- 14...伝送線路
- 101...スライダ
- 102...ジンバル
- 142...伝送路

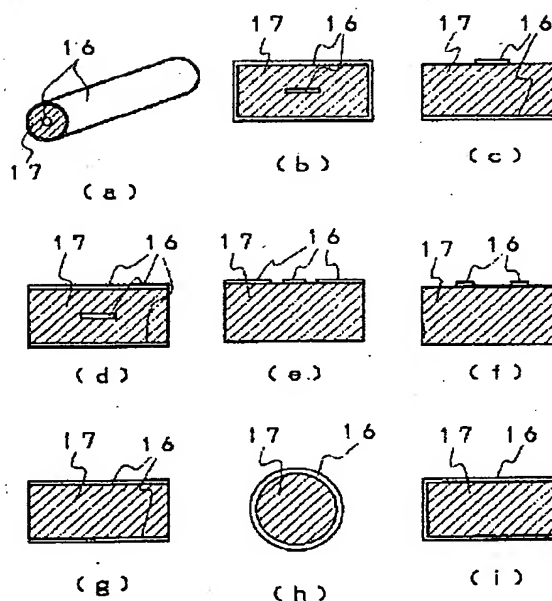
【図7】



- 1...検出導線
- 2...磁性体コア
- 3...磁気ヘッド素子
- 4a...第1の整合線路
- 5...インピーダンス素子
- 14...伝送線路
- 101...スライダ
- 102...ジンバル

【図8】

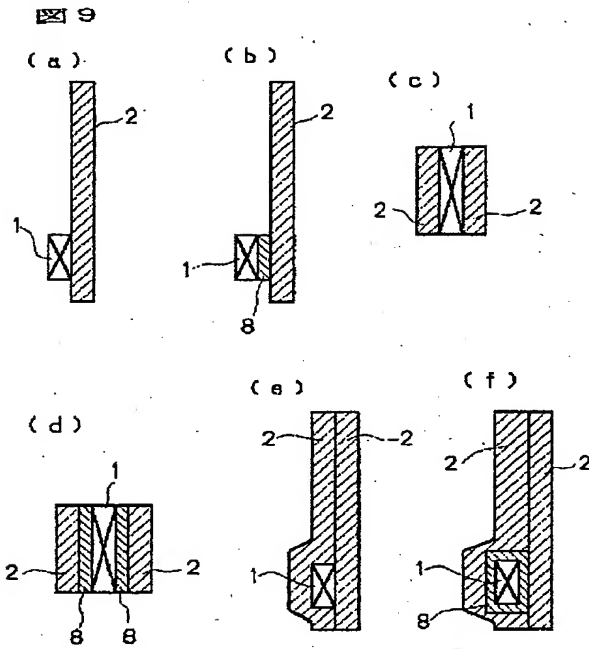
図8



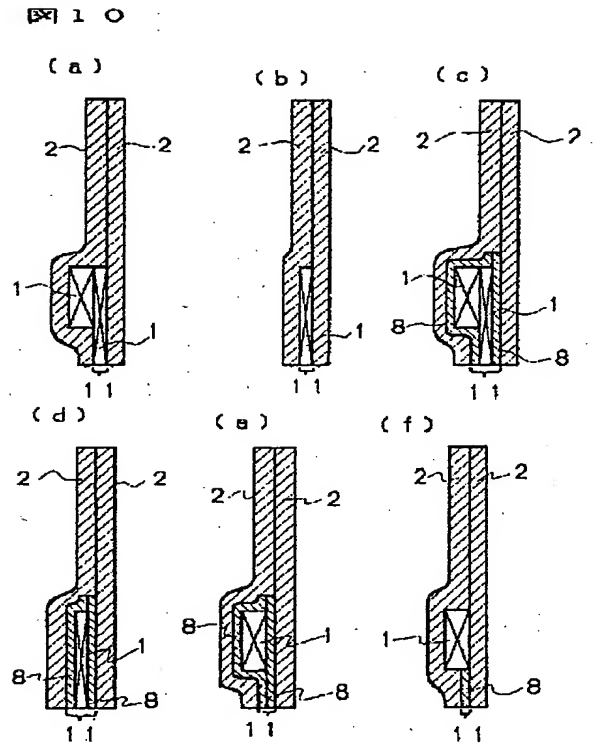
(12)

特開平10-11722

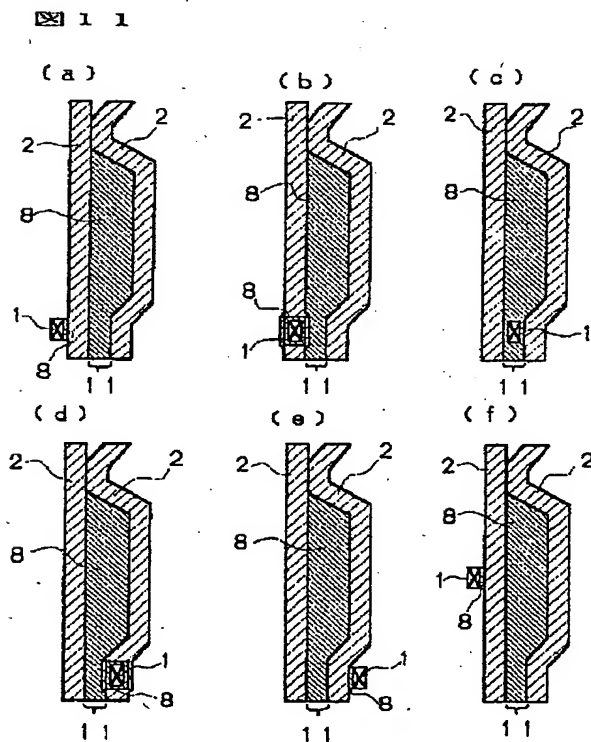
【図9】



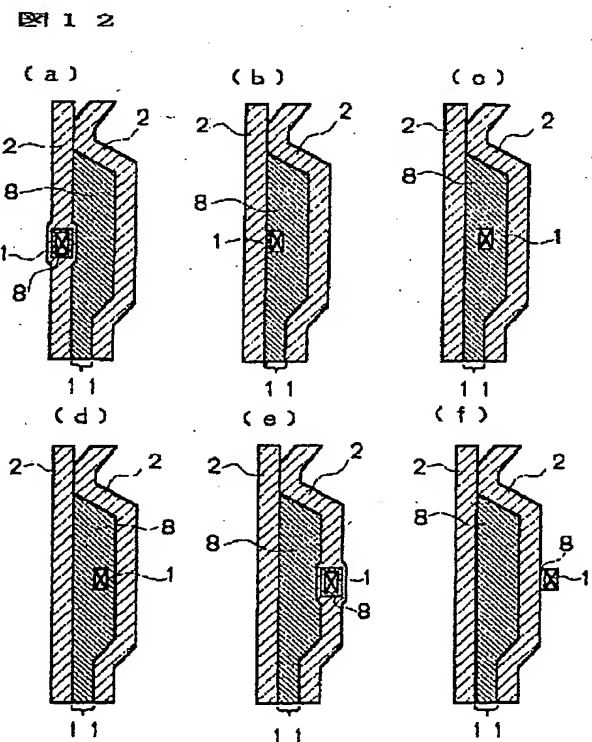
【図10】



【図11】



【図12】

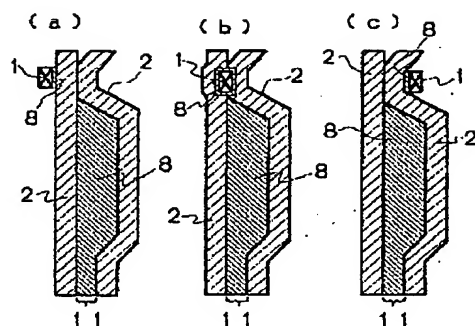


(13)

特開平10-11722

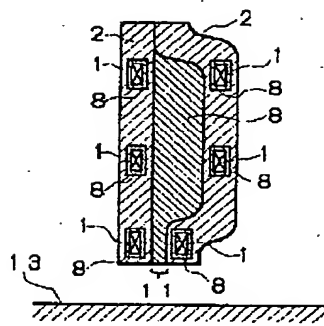
【図13】

図13



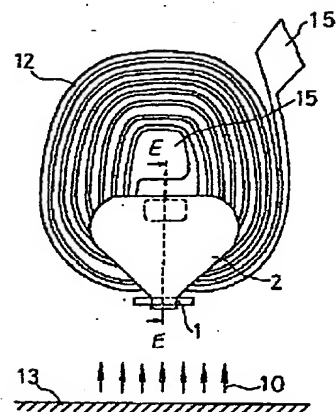
【図15】

図15



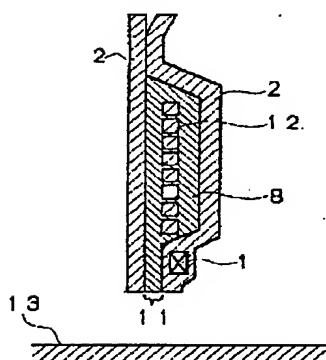
【図16】

図16



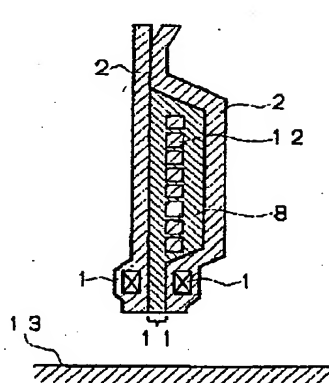
【図17】

図17



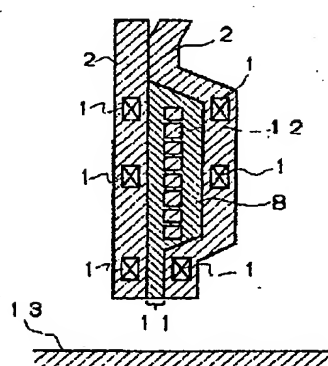
【図18】

図18



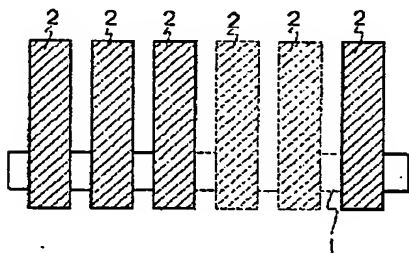
【図19】

図19



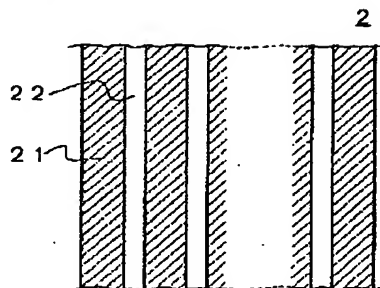
【図20】

図20



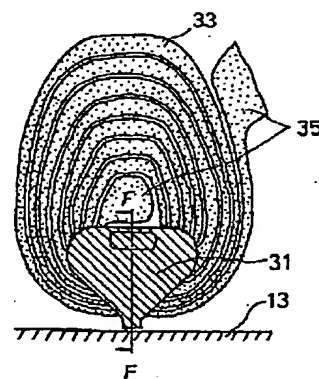
【図21】

図21



【図25】

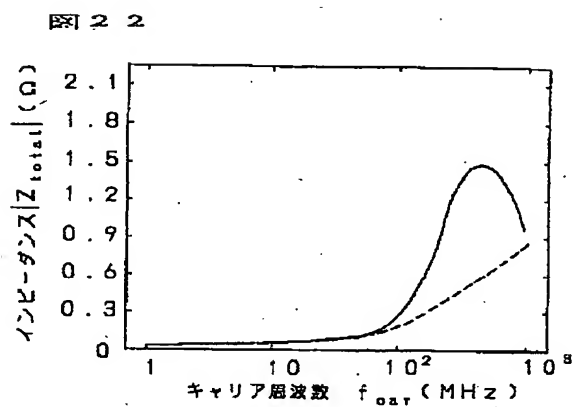
図25



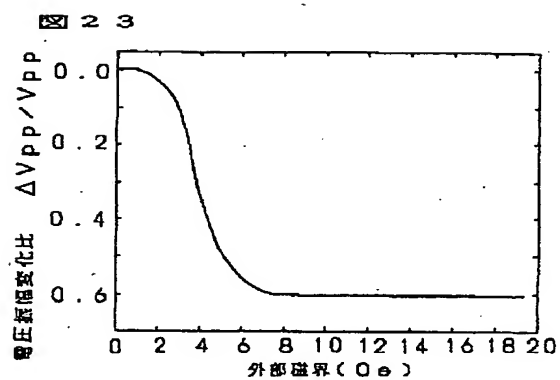
(14)

特開平10-11722

【図22】

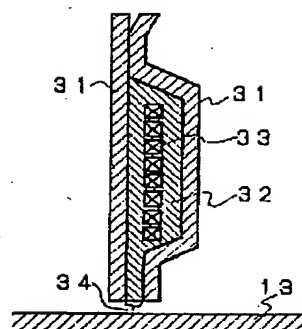


【図23】



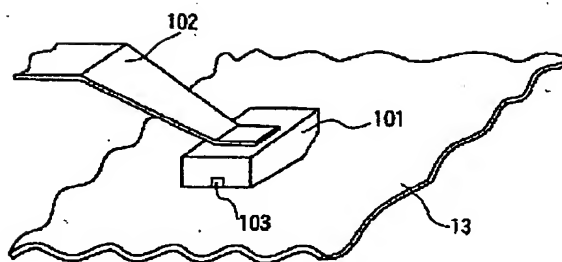
【図26】

図 2 6



【図24】

図 24



(15)

特開平10-11722

【図27】

